

Zahnärztliches Institut der Universität Bern

Direktor: Prof. Dr. Jakob Schindler

Arbeit unter der Leitung von Doz. Dr. Albert Gerber

Grösse und Richtung der Condylenverschiebung bei Unterkieferbewegungen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Universität Bern

vorgelegt von

Roland Weber, Zahnarzt
von Laufen, Kanton Bern

1950

Zahnärztliches Institut der Universität Bern
Direktor: Prof. Dr. Jakob Schindler
Arbeit unter der Leitung von Doz. Dr. Albert Gerber

Grösse und Richtung der Condylenverschiebung bei Unterkieferbewegungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Universität Bern

vorgelegt von
Roland Weber, Zahnarzt
von Laufen, Kanton Bern

Buchdruckerei ILG Wimmis

1950



Alle Rechte, insbesondere das der Uebersetzung in andere Sprachen und der Verfilmung behält sich der Autor vor. Nachdruck und Uebersetzung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Autors.

50 P 1

Auf Antrag von Dr. Gerber durch die medizinische Fakultät zum
Druck als Dissertation genehmigt.

Bern, den 2. März 1949.

Der Dekan
der medizinischen Fakultät
Prof. Dr. Dettling

Meinen lieben Eltern gewidmet

Vorwort

Mit der wachsenden Erkenntnis von den Folgen der Artikulationsstörungen im natürlichen Gebiß ist das Interesse an der Artikulationsforschung erneut wach geworden.

Aus den Ergebnissen der Artikulationsforschung, wie sie in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts betrieben wurde, sind eine Reihe von Artikulationstheorien hervorgegangen, unter denen diejenigen von Prof. Gysi am besten bekannt sind.

Die Registrierung der Bahnen der Kiefergelenke, so wie sie heute für die praktische Zahnprothetik betrieben wird, ist an sich sehr einfach und bedarf keiner weiteren Nachprüfung mehr. Für die symmetrischen sagittalen Verschiebungen des Unterkiefers kann die Bahn, welche die beiden Condylen beschreiben (sog. sagittale Condylenbahn) sehr einfach und genau mit dem üblichen Meßbogen ohne Verzerrung im direkten Verfahren aufgezeichnet werden. Sobald aber die Bewegungen von der reinen sagittalen Verschiebung abweichen und mit seitlichen Bewegungen kombiniert werden, entstehen bei den bisher bekannten Methoden bedeutende Projektionsfehler, weil die Spitzen der Registrierstifte auf Ebenen schreiben, welche naturgemäß außerhalb der Gelenkköpfchen liegen. Diese Projektionsfehler können aber nur dann auf darstellend geometrischem Wege korrigiert werden, wenn außer dem Verlauf der Bahnen auch noch die **Momentanpunkte** für die verschiedenen artikulären Verschiebungslagen des Unterkiefers bekannt sind. Um aber solche Momentanpunkte zu registrieren, mußte ein besonderes Meßgerät entwickelt werden, das später noch beschrieben wird. Die vom Autor entwickelte Registriermethode erlaubt nun in Verbindung mit der darstellenden Geometrie folgende Untersuchungen auszuführen:

1. Für alle vorkommenden Bewegungen des Unterkiefers können die Bewegungen der Condylen gemessen und verzerrungsfrei dargestellt werden.

2. Für alle vorkommenden, vorwiegend seitlichen Bewegungen des Unterkiefers können mit Hilfe der Momentanpunktregistrierung die genauen Bewegungsrelationen für beide Gelenkköpfchen gleichzeitig festgestellt werden.

Wenn wir uns fragen, was diese neuen Möglichkeiten für die Forschung und Praxis bedeuten, so dürfen wir folgendes feststellen:

ad 1.

Die Möglichkeit auch die seitlichen Gelenkbahnen verzerrungsfrei darzustellen ist wissenschaftlich interessant, praktisch aber erst dann nützlich, wenn es gelingen sollte, einen einfachen Artikulator auf den neu gewonnenen Werten aufzubauen.

ad 2.

Die Möglichkeit auch bei vorwiegend seitlichen Bewegungen des Unterkiefers die Momentansituation für beide Gelenke gleichzeitig verzerrungsfrei darstellen zu können, hat schon in der ersten kurzen Versuchsserie gezeigt, daß in vielen Fällen die **sagittale** Condylenbahn beim Kauen, also bei der funktionell dominanten Kieferbewegung nur ganz minimal bestrichen wird. Das heißt aber: Die Bedeutung der individuellen Messung der **sagittalen** Condylenbahn für prothetische Zwecke wurde auf Kosten der allzu wenig beachteten transversalen Condylenbahn ganz gewaltig überschätzt.

Es ist nicht von ungefähr, wenn Müller (16) in seinem Buch, „Grundlagen und Aufbau des Artikulationsproblems im natürlichen und künstlichen Gebisse“ auf Seite 188 schreibt: „Die Art der Seitwärtsbewegung und ihre Auswirkungen tiefer zu erkennen und ferner ihre Nachahmung im Artikulator betrachte ich als die größte Schwierigkeit im Artikulationsproblem. Ihr Studium ist derartig verzwickelt, daß ich nicht anstehe, es als eine der bedeutendsten Aufgaben in unserem Fache zu bezeichnen.“

Gysi hat als erster versucht die Bahnen der Condylen mathematisch genau zu rekonstruieren, aus der Einsicht heraus, daß sich auch der zahnlos gewordene Kiefer nur innerhalb der ihm durch das Gelenk und die Zugrichtung der Muskeln vorgeschriebenen Bahnen frei bewegen kann. Das Kauflächenrelief der natürlichen und der künstlichen Bezahnung muß sich also nach diesen Bewegungen richten, wenn Schaden am lebenden Gewebe verhütet werden soll.

Geschichtlicher Ueberblick

Vor 1774 herrschte allgemein die Ansicht, daß sich der Unterkiefer beim Kauen in allen seinen Teilen parallel seitwärts bewege.

1744 fand der französische Anatome Ferrein, daß bei der Seitwärtsbewegung der eine Gelenkkopf sich nach vorne senkt und der andere ungefähr in seiner Lage verharret.

1858 vertrat Humphry die Ansicht, der ruhende Gelenkkopf drehe sich um eine durch seinen äußeren Teil gehende Achse.

1863 beschreibt Meyer als Erster die Transversalbewegung. Er spricht von einer Drehbewegung im Gelenkkopf und von einer entstehenden Schräglagerung der Unterkieferachse. Er befaßt sich im besonderen auch mit dem Verhalten der Gelenkzwischenscheibe (*discus articularis*) bei den Kieferbewegungen.

1892 berichtet Warnkros in seiner Inauguraldissertation über einen von ihm angefertigten Artikulator, an welchem die Größe des Seitwärtsausschlagens des Unterkiefers an einer Skala eingestellt werden kann.

1894 nimmt der Franzose Marey die Bewegung des Unterkiefers chronophotographisch auf und stellt fest, daß die Seitwärtsbewegung um eine Achse stattfindet, die zwischen den Condylen liege. Auch schildert er den Kiefer als in toto seitwärts verschiebbar.

1896 versucht der Amerikaner Walker auf mechanischem Weg die Projektionen der Kieferbewegungen zu erforschen. Er beobachtet ein Zurückwandern des „ruhenden“ Gelenkkopfes und konstruiert daraus ein in der Horizontalprojektion zwischen den Condylen liegendes Drehzentrum.

Im gleichen Jahre behauptet Ulrich (Dänemark), die Seitwärtsbewegung leite sofort eine Drehung der transversalen Kieferachse nach vorwärts und abwärts ein, ähnlich wie bei der Oeffnungsbewegung.

1906 betont Gysi das Rückwärtswandern des ruhenden Gelenkkopfes.

1908 zeigt Bennet, daß das „ruhende“ Gelenkköpfchen bei der Lateralbewegung auch nach unten rücken kann, und dann beweisen Walker, später Andresen und noch später Fehr, daß es bisweilen auch aufwärts geschoben wird.

1910 kommt Breuer über eine röntgenphotographische Methode zum Ergebnis. „Die Behauptung Gysi's, daß die Rotationsachse bei der Seitwärtsbewegung zwischen oder auch außerhalb der Kondylen liegen kann, dürfte die richtige sein“.

1909—11 definiert Fick die Seitwärtsbewegung folgendermaßen: „Der Unterkiefer macht bei der Mahlbewegung nach links eine Bewegung, als ob er sich um eine einzige, nicht ganz vertikal stehende und durch das linke Kieferköpfchen verlaufende Achse drehe. Mit dieser Hypothese sucht er die Tatsache zu erklären, daß sich bei Mahlbewegungen die Zahnreihen der Gegenseite (hier die rechte Seite) auseinander bewegen.“

1911 kommt Thourén zum Ergebnis: „Die Bewegung beim Seitwärtsbeißen erfolgt längs einer Linie oder innerhalb eines nahezu ellipsenförmigen Raumes am medialen Teile des Condylus“.

Im selben Jahre veröffentlicht Eltner seine Hypothese: Er denkt sich die Artikulationsfläche des Tuberculum als Kreisbogen und findet: „Das Zentrum des Condylus beschreibt einen Kreis um das Zentrum des Tuberculum.“ Die resultierende kreisförmige Bahn bezeichnet er als Achsenkurve.

1912 registrierte Andresen mit einem von ihm angefertigten Registrierapparat die Kieferbewegung und findet: „Der ruhende Gelenkkopf geht rückwärts und aufwärts.“

1920 veröffentlicht Gysi im Dental-Digest seine Hypothese, nach welcher hinter dem relativ ruhenden Gelenkkopf für den Seitbiß eine sagittale Achse gedacht werden kann. Er ging dabei aus von den beiden hinteren Dreieckspunkten, als welche nach Bonwill die Condylen bezeichnet werden, indem er deren Bahnen in sagittaler Richtung bestimmte. Außerdem registrierte er die Verschiebungsbahn des vorderen Dreieckspunktes (Schneidezähne) bei Seitwärtsbiß. Aus diesen Registrierungen konstruierte er dann je eine Rotationsachse rechts und links, indem er annahm, jeder Punkt des Unterkiefers müsse sich beim Seitbiß um eine dieser Achsen drehen.

Diese Konstruktionsart setzt nun aber stillschweigend voraus, daß die Bahn des „ruhenden“ Condylus auf derselben schiefen Ebene gelegen sei, wie die des schwingenden Condylus.

Die Achse für den Seitbiß fand Gysi dann als Schnittgerade von zwei Ebenen: der mittelsenkrechten, ersten Ebene der Symphysenbahn mit der mittelsenkrechten zweiten Ebene der Condylenbahn des schwingenden Gelenkkopfes bei Seitbiß.

Diese Achse soll mehr oder weniger außerhalb oder auch innerhalb des Gelenkkopfes liegen können, stehe aber immer senkrecht zur Bahn des sich bewegenden Gelenkkopfes. Auf einer solchen Achse konstruierte Gysi dann auch das Zentrum und die Bahn für die Bewegung des „ruhenden“ Condylus.

Breuer und Villain glaubten, wie früher Spee, daß die Zahnreihen Kugeloberflächen darstellen, der Unterkiefer also als Ganzes sich um ein punktförmiges Zentrum bewegen müsse.

1925 untersuchte Müller die windschiefen Führungsflächen der Schliff-Facetten und schloß aus diesen auf zwei Bewegungsrichtungen und entsprechend zwei Achsen, welche er wie folgt beschreibt:

1. Bewegungsrichtung: Der Unterkiefer bewegt sich seitwärts, indem er sich um eine vertikale Achse dreht, die meistens irgendwo im Raume um den Gelenkkopf herum gelegen ist. Sie wird sich individuell nach einwärts oder nach auswärts vom Gelenkkopf verschieben und sich in einem bestimmten Abstand hinter diesem befinden. Die Achse ist auch wohl nie vertikal, sondern meistens von hinten nach vorne geneigt; auch kann sie nach außen gekippt sein. Zur Gelenkbahn des schwingenden Gelenkkopfes steht sie jederzeit senkrecht.

2. Bewegungsrichtung: In der Seitwärtsbewegung erfolgt ein unilaterales Kieferöffnen. Damit der Kiefer nun den Zahnführungsflächen zu folgen vermag, muß er, während er seitwärts geschoben wird, gleichzeitig die eine Kieferseite (Balanceseite) abwärts schwenken. Das erreicht er, indem er sich um eine Achse dreht, die auf der Arbeitsseite des Kiefers gelegen ist und von vorne nach hinten läuft (?). Der Unterkiefer bewerkstelligt also eine In-sich-Drehung nach der Gesichtsmitte hin. Diese Drehachse weist individuell verschieden schräg von außen nach einwärts. Diese nach rückwärts hin verlaufende Drehachse muß nun keinesfalls die ‚vertikale‘ Drehachse schneiden, sondern kann weit von ihr entfernt liegen. Bei geringer Verwindung und wenig abgeschliffenen Zähnen soll deshalb die von vorn nach hinten weisende Achse (und mit ihr der Unterkiefer)

mehr eine direkte Seitwärtsverschiebung durchmachen, wohingegen sie bei starken Abschleifungen und Verwindungen der Zahnreihe sowohl stärker abwärts, als auch nach vorn und auswärts geschwenkt würde (Ausnützung der Länge der Gelenkbahn).

1926 untersuchte Fischer (10) in seiner Dissertationsarbeit die Beziehungen zwischen den Kieferbewegungen und der Kauflächenform der Zähne. Durch Konstruktion der Seitbißachse aus der Kauflächenform der Zähne fand er dabei entsprechend der von Gysi gegebenen Zusammenfassung eine Condylenbewegung und eine Symphysenbewegung, welche auf einer geknickten Gelenkfläche beziehungsweise, einer geknickten Symphysenfläche ablaufe: die Knickungen waren dabei meistens nach unten geöffnet.

Die Schlußfolgerung war, daß eine derartige Kaubewegung die einzig natürliche sei, weil dadurch nämlich bei einem Seitbiß der Schneidezahnkontakt ausgeschaltet werde, wodurch sich die Mahlwirkung der Molaren verstärke. Ferner werde dadurch bei einem Vorbiß der Molarenkontakt ausgeschaltet, wodurch die abscherende Wirkung der Schneidezähne verstärkt würde.

Prof. Gysi hat die Reproduktion dieser natürlichen Verhältnisse für die Prothetik aus folgenden Gründen abgelehnt (Abschrift aus Scheff, Handbuch der Zahnheilkunde, Bd. IV, Seite 134):

„1. Die Verwendung von geknickten Führungsflächen an Artikulatoren würde den Preis solcher Instrumente zu stark in die Höhe treiben, wenigstens wenn der Grad der Knickung noch individuell verstellbar sein müßte.

2. Es würde nur für einige wenige Spezialisten für ganze Prothesen möglich sein, einen derartigen Artikulator den individuellen Kieferbewegungen des Patienten anzupassen.

3. Müßte man spezielle künstliche Molaren verwenden, deren Propulsionsfacetten geknickt wären, denn die Propulsionsfacette der Molaren wären gleichsam ein Spiegelbild der Symphysenführungsfläche.

4. Alle Facetten, welche bei Seitbiß funktionieren, müßten eine ziemlich stärkere frontale Neigung haben als die Vorbißfacetten. Dadurch würde die untere Prothese bei Seitbiß in einem viel stärkeren Maße verschoben.“

Es schien nun lange Zeit so, als ob mit den hervorragenden Arbeiten von Prof. Gysi die Erforschung der normalen Artikulation der Zähne zu einem definitiven Abschluß gebracht worden wäre. Und nur wenige

Publikationen erschienen, welche nicht in irgendeiner engen Beziehung zu seinen Artikulationstheorien standen.

In der Schweiz waren es sodann vor allem Prof. Ackermann in Genf und Prof. Wild in Zürich, welche sich in diesem Jahrzehnt erneut mit Artikulationsfragen beschäftigten.

Ackermann (1, 2) wandte sich der Erforschung der natürlichen Abrasion zu. Seine Theorie der helicoiden Gestaltung des Kauflächenkomplexes bedeutet eine wesentliche Bereicherung und gestattet den Aufbau von gut aequilibrierten Prothesen mit höckerlosen Zähnen, deren umschriebene Indikation heute allgemein anerkannt wird.

Vergleichen wir die Achsentheorie von Prof. Gysi mit der helicoiden Theorie von Prof. Ackermann, so stellen wir fest, daß die von Prof. Gysi in ein geometrisches System eingegliederten Kieferbewegungen in der Ackermann'schen Theorie wieder eine größere räumliche Bewegungsfreiheit erfahren haben, wie dies wohl den biophysiologischen Eigenschaften des Kauapparates besser entsprechen dürfte.

Wild (18, 19) beschäftigte sich eingehend mit der Erforschung der Kauhahnen im Lückengebiß und erhob wesentliche Befunde über die Adaptation des Kauvorganges an die durch teilweisen Zahnverlust veränderten Situationen im Restgebiß. Das Studium des Kauvorganges und der Artikulationsbahnen im Abrasionsgebiß förderten die Erkenntnis, daß die Kaubewegungen des Unterkiefers auch dominant transversal und nicht nur intermediär ablaufen können. Diese Befunde erhärtete Prof. Wild zudem noch durch Registrierungen mit Hilfe der kinomatographischen Technik. Wenn ich aus den überaus interessanten Arbeiten von Prof. Wild dasjenige herausgreife, was mit meinem eigenen Untersuchungsergebnis in enger Beziehung steht, so finde ich auch hier schon die Auffassung vertreten, daß die Bewegungen des Unterkiefers eine sehr große Individualität aufweisen, welche allein die Harmonie mit den verschiedensten Artikulationstypen der Zähne gewährleisten kann.

Stand und Ziel der Artikulationsforschung

In der ganzen Artikulationsforschung stand die Registrierung der Condylenbahnen für die verschiedenen Bewegungen des Unterkiefers im Vordergrund. Besonders viele Messungen wurden von der Gysi-Schule ausgeführt; sie lieferten nebst vielen wertvollen Erkenntnissen auch die elementare Basis für die Entwicklung der Anatoform-Zähne und der verschiedenen Artikulator Typen nach Angaben von Prof. Gysi. Die vorhandene Literatur gibt denn auch ein ordentlich gutes Bild von den Bahnen in denen sich die Condylen bewegen können. Immer stand dabei die Neigung der Gelenkbahn, wie sie bei der Sagittalbewegung des Unterkiefers (sagittale Condylenbahn) bestrichen wird, im Vordergrund. Die Größe der transversalen Translation bei Kaubewegungen wurde als sehr stark variierend erkannt, sie fand weniger Interesse und wurde bei den einfacheren Typen der Gysi-Artikulatoren mit nur sehr kleinen Werten berücksichtigt.

Sonderbar berührt uns heute die Tatsache, daß unendlich oft und immer wieder Bahnen bestimmt wurden, ohne daß überhaupt festgestellt wurde, wie und in welcher **gegenseitigen** Relation solche Bahnen bei seitlichen Unterkieferbewegungen vom rechten und linken Gelenkköpfchen **simultan** bestrichen werden. Nur so ist es erklärlich, daß die Legende vom „ruhenden“ oder „rotierenden“ Gelenkköpfchen überhaupt zustande kommen konnte. Nach der Ansicht von Doz. Dr. Gerber sind die bisherigen Artikulationstheorien, unter denen diejenige von Prof. Gysi die hervorragendste Stelle einnimmt, für die prothetische Aufgabe des Zahnarztes außerordentlich wertvoll und interessant. Doch reichen die damit verbundenen Erkenntnisse noch nicht aus, um auch die pathologischer Artikulationstypen analytisch zu erfassen, wie dies die Zielsetzung der Artikulationsforschung eigentlich verlangen sollte. Um diese Lücke schließen zu helfen, stellte mir Dr. Gerber als Dissertationsaufgabe die Ausarbeitung einer neuen Meßtechnik, welche neben erhöhter Genauigkeit die Bestimmung der wahren Größe und wahren Richtung der Condylenverschiebung bei Unterkieferbewegungen gestattet.

Darstellend-geometrische Grundlagen ¹⁾

Die Lösung der vorhergehenden Aufgabe ist nur möglich unter Beziehung einiger Begriffe und Gesetze der darstellenden Geometrie. Im Interesse einer größtmöglichen Klarheit und zur Erleichterung der Nachkontrolle meiner Arbeit, erlaube ich mir in diesem Kapitel einige wesentliche Begriffe der darstellenden Geometrie in ihrer allgemeinen und für unsere Arbeit speziellen Gültigkeit festzuhalten.

Die Projektion des Punktes

Man projiziert einen Punkt des Raumes auf eine Ebene, indem man durch ihn einen Strahl legt und dessen Schnittpunkt mit der Ebene bestimmt. Der Strahl heißt **Projektionsstrahl** oder **Sehstrahl** und die Ebene wird **Projektions-** oder **Rißebene** genannt. Der Schnittpunkt des Projektionsstrahles mit der Projektionsebene heißt die **Projektion** des Punktes im Raume. Läßt man für verschiedene Punkte die Sehstrahlen durch einen festen Punkt außerhalb der Projektionsebene, das Projektionszentrum oder Auge gehen, so nennt man die Projektion **Zentralprojektion**.

Wenn das Projektionszentrum ins Unendliche rückt, die Projektionsstrahlen also parallel werden, so geht die Zentralprojektion über in die sogenannte **Parallelprojektion**.

Sind die Projektionsstrahlen für verschiedene Punkte nicht parallel, sondern windschief zueinander — sie schneiden sich also auch nicht in einem gemeinsamen Projektionszentrum — so handelt es sich um die von mir so benannte **gemischte Projektion**.

Je nachdem bei der Parallelprojektion die Projektionsstrahlen schief oder normal zur Projektionsebene stehen, ergibt sich die schiefe oder aber die Normalprojektion.

¹⁾ Die darstellend-geometrischen Grundlagen sind dem Buche „Darstellende Geometrie“ meines ehemaligen Lehrers H. Flückiger (11) entnommen.

Die Normalprojektion

Der Ausdruck „normal“ wird für rechtwinklig stehend gebraucht. Mit „senkrecht“ und „lotrecht“ bezeichnen wir nur die Richtung der Schwerkraft.

Man unterscheidet dabei:

1. Die Normalprojektion auf eine Ebene.

Durch seine Normalprojektion auf nur eine Ebene ist die Lage eines Punktes im Raume nur teilweise bestimmt. Man weiß, daß der Punkt sich in der durch seine Projektion gehenden Normale befinden muß. Noch unbestimmt ist, wie weit entfernt und auf welcher Seite der Ebene er liegt. Um den Ort des Punktes im Raume eindeutig zu bestimmen, müssen wir daher seinen Abstand von dieser Ebene kennen und als sogenannte **Kote** zu seiner Projektion schreiben. Diese Normalprojektion bezeichnen wir dann als **kotierte** Normalprojektion.

2. Die zugeordneten Normalrisse.

Statt die Koten des Punktes neben die Risse zu schreiben, gibt man die Abstände durch die Projektion auf eine zweite Ebene an. Die beiden Rißebenen werden zueinander normal (rechtwinklig) gestellt. Die zur ersten Ebene normalen Strecken sind dann zur zweiten parallel. Sie erscheinen daher im zweiten Riß in der wahren Größe. Denkt man sich die eine Rißebene waagrecht gelegt, so heißt sie **Grundriß-** oder **Horizontalebene**. Denkt man sich die zweite Ebene so senkrecht zur ersten gelegt, daß beider Schnittgerade (die sogenannte x-Achse), parallel steht zu der durch unsere Pupillen gedachten Gerade, so heißt diese Ebene **Aufriß-** oder **Vertikalebene**.

Um auf **einer** Ebene zeichnen zu können, legen wir die eine Rißebene um die x-Achse in die andere um. Die Zeichenebene, die stets als Rißebene dient, muß jetzt als Doppalebene aufgefaßt werden. Sie stellt die eine und zugleich die in sie umgelegte andere Rißebene dar.

In manchen Fällen können Raumgebilde anschaulicher dargestellt und Aufgaben über sie leichter gelöst werden, wenn man zu den zwei ersten Rißebenen eine dritte hinzu nimmt, auf die man ebenfalls normal projiziert. Stellt man diese dritte Rißebene normal zu den beiden ersten und also auch zur Rißachse x, so nennt man sie Seitenrißebene; diese entspricht in der Anatomie der **Sagittalebene** oder einer zu dieser parallelen Ebene.

Die Seitenrißebene schneidet die Grundrißebene und die Aufrißebene in zwei weitem Rißachsen. In deren Richtung mißt man die Abstände

y und z eines Punktes von der Aufriß-, beziehungsweise Grundrißebene. Man nennt sie deshalb y-Achse im Grundriß und z-Achse im Aufriß. Die drei Achsen schneiden sich in einem gemeinsamen Punkt, dem **Anfangspunkt** oder **Ursprung** oder **Nullpunkt** des **Projektions-** oder **Koordinatensystems**. Die drei Abstände x, y und z eines Punktes nennt man zusammen die **Koordinaten des Punktes** in Bezug auf das Projektions- oder Koordinatensystem. Einzelne heißen sie **Abszisse**, **Ordinate** und **Applikate** oder **Kote**, sie bestimmen eindeutig die Lage des Punktes im Raume.

Die Aufrißebene wird im allgemeinen um die x-Achse und die Seitenrißebene um die y-Achse in die Grundrißebene als Zeichenebene umgelegt. Der Seitenriß P'' eines Punktes P liegt dann mit P' in einem zur y-Achse normalen Ordner und im Abstand z von der y-Achse, den man dem Aufriß entnimmt. (Siehe Abbildungen 1 und 2 sowie die Erklärung zu den geometrischen Zeichnungen auf Seite 27.)

Die zugeordneten Normalrisse des Punktes

- a) Der Abstand eines Punktes von der Grundrißebene ist gleich dem Abstand seines Aufrisses von der Achse. Und der Abstand eines Punktes von der Aufrißebene ist gleich dem Abstand seines Grundrisses von der Achse. Siehe hierzu die schematische Darstellung der Abbildung 1.
- b) Grundriß und Aufriß eines Punktes liegen in einem zur x-Achse normalen Ordner. Siehe hierzu die Abbildung 2.

Der Abstand zweier Punkte

Eine Strecke erscheint im Normalriß nur dann in der wahren Länge, wenn sie zur Rißebeue parallel ist. Um den wahren Abstand zweier Punkte mit ungleicher Entfernung von der Rißebeue zu finden, müssen wir daher ihre Verbindungsstrecke in die zu einer Rißebeue parallelen Lage bringen.

Hiefür beachten wir, daß die ersten Projektionsstrahlen oder Sehstrahlen der beiden Punkte eine durch die Verbindungsstrecke gehende Ebene bestimmen, die zur Grundrißebene normal steht. Weil sie die ersten Sehstrahlen der sämtlichen Punkte der Strecke enthält, heißt sie die **erstprojizierende Ebene** der Strecke. Ebenso wird die durch die Strecke gehende Normalebene zur Aufrißebene ihre **zweitprojizierende Ebene** genannt.

Der gesuchte Abstand zweier Punkte A und B kann nun wie folgt ermittelt werden:

Man legt die erstprojizierende Ebene der Strecke AB in die Grundrißebene um, das heißt man dreht die Ebene um ihre Schnittgerade A'B' mit der Grundrißebene oder ihre erste Spur um 90° so, daß sie in diese Rißebeue zu liegen kommt. Damit wird das Trapez AA'BB' in die Grundrißebene umgelegt. Die Tafelabstände AA' und BB' bleiben dabei zu A'B' normal. Ihre Länge kann aus dem Aufriß übertragen werden. Ebenso könnte man das Trapez AA''BB'' mit der zweitprojizierenden Ebene in die Aufrißebene umlegen und die zweiten Tafelabstände der Punkte A und B aus dem Grundriß übertragen. Siehe hiezu die Abbildung 3.

Die zugeordneten Normalrisse einer Geraden

Eine Gerade ist bestimmt durch zwei Punkte. Die Lage eines Punktes im Raume kann durch seine zugeordneten Normalrisse eindeutig festgesetzt werden. Daher ist die Lage einer Geraden im Raume eindeutig festgelegt, wenn die zugeordneten Normalrisse zweier ihrer Punkte gegeben sind.

Suchen wir den Normalriß einer Geraden, so denken wir uns durch sie eine projizierende Ebene gelegt. Die Schnittgerade dieser projizierenden Ebene mit der Rißebeue ergibt dann den gesuchten Normalriß.

Demnach erhält man die erste Projektion oder den Grundriß g' der Geraden g als die Schnittgerade ihrer erstprojizierenden Ebene mit der Grundrißebene.

Ebenso ist die Schnittgerade ihrer zweitprojizierenden Ebene mit der Aufrißebene die zweite Projektion oder der Aufriß g'' . (Die Schnittgerade ihrer drittprojizierenden Ebene mit der Seitenrißebeue ist die dritte Projektion oder der Seitenriß g''' der Geraden g .)

Wenn umgekehrt durch zwei zugeordnete Normalrisse einer Geraden die entsprechenden projizierenden Ebenen gelegt werden, so ist die Schnittgerade dieser Ebenen die dargestellte Gerade im Raum. **Im allgemeinen ist also die Lage einer Geraden im Raum durch zwei zugeordnete Normalrisse eindeutig bestimmt.** Siehe hiezu die Abbildung 4.

Die üblichen Meßmethoden in kritischer Beleuchtung

a) Die gebräuchliche Registrierung der Condylenbahn für die Propulsionsbewegungen

Bei dieser Bewegung gehen die beiden Condylen gleichzeitig nach vorne und abwärts. Die Registrierung ihrer Bahn darf als Sagittalprojektion nach ihrer wahren Größe und Richtung bezeichnet werden, vorausgesetzt daß die Registrierstifte genau auf der Verlängerung der Intercondylarachse liegen und in jeder Oeffnungslage normal (rechtwinklig) zur rechten und linken Registrierebene stehen. Der Abstand der Schreibstifte voneinander ist allerdings größer als der wirkliche Condylenabstand, aber er bleibt konstant. Die Projektion ist also parallel zur wirklichen Bewegung und darf als ihrer wahren Größe und Richtung entsprechend bezeichnet werden.

b) Die Registrierung der Condylenbahn für die seitlichen Bewegungen des Unterkiefers

Hier stehen die Registrierstifte nur in der Okklusionsstellung rechtwinklig oder normal zu den sagittalen Registrierebenen. Bei der seitlichen Bewegung wandert der eine Gelenkkopf nach vorne und abwärts, während der „ruhende“, wie wir gesehen haben, sich seitwärts und gleichzeitig auch nach hinten oder sogar nach aufwärts bewegen kann. Auf jeden Fall stehen die Registrierstifte bei diesen Kieferbewegungen nicht mehr in jeder Registrierphase normal zu den Registrierebenen, sondern sowohl in der Horizontal- wie in der Frontalprojektion schief. Der Abstand der Schreibspitzen voneinander wird umso größer, je mehr der Kiefer seitwärts verschoben wird. Da aber die Lage und der Abstand der Schreibspitzen nicht mit der Lage und dem Abstand der Condylen identisch sind, weichen die registrierten Condylenbahnen von den wahren Condylenbahnen ganz erheblich ab und es entspricht dieses Bild

nicht mehr der sagittalen Normalprojektion. Nur in der zentralen Okklusion finden wir die Normalprojektion, wogegen in jeder Phase der seitlichen Verlagerung eine sich ändernde schiefe Projektion entsteht. Vermutlich handelt es sich um die **gemischte Projektion**, auf keinen Fall aber um Normalprojektion der wahren Condylenbahn. Solche Registrierungsergebnisse dürfen deshalb nicht mit der einfachen Oeffnungsbahn verglichen werden, bevor sie nicht auch in die sagittale Normalprojektion umgewandelt worden sind.

c) Die Registrierung der Bennet-Bewegungen

Prof. Gysi hat seinerzeit im Laufe seiner Forschungen festgestellt, daß sich **beide** Condylen bei seitlichen Bewegungen des Unterkiefers um variable Werte seitlich bewegen. Er hat diese Werte näher bestimmt und wir finden einen Mittelwert ebenfalls auf seinen Simplexartikulatoren wiedergegeben. Dies geschah in genialer Weise durch Rückverlagerung der Gelenkteile um etwas mehr als zwei Zentimeter gegenüber dem natürlichen Mittelwert des menschlichen Kiefers.

Bei einer strengen Beurteilung der bisher für die Bennetsche Bewegungen angewandten Meßtechniken muß auch hier wieder festgestellt werden, daß diese nur verzerrte Bilder liefern. Auch für diese Bewegungen muß das Registrierergebnis auf die Normalprojektion zurückgeführt werden.

Theoretische Grundlagen meiner Meßmethode

Für meine Untersuchungen und Messungen denken wir uns durch die beiden Condylen eine Gerade gelegt, welche wir als Condylarachse bezeichnen. In der praktischen Anwendung werden rechts und links von den beiden Condylen Registrierstifte so angebracht, daß sie genau in der Verlängerung dieser Geraden liegen. Registriert wird auf zwei zueinander genau parallel stehende sagittale Ebenen, die in einem bestimmten, meßbaren Abstand voneinander fixiert sind. Ihre gegenseitige Lage ist also eindeutig festgelegt. Jedem Punkt der Kurve in der einen Ebene entspricht dann ein Punkt der Kurve in der andern Ebene. Wir können also ohne weiteres für alle Verschiebungslagen des Unterkiefers die Lage der Condylarachse im Raume eindeutig bestimmen, indem wir die entsprechenden registrierten Punkte der Bahnen miteinander verbinden. Dabei nimmt die Genauigkeit unserer Messungen zu, wenn wir auf der Geraden weit voneinander entfernte Punkte wählen, oder mit andern Worten in je größerer Entfernung vom Condylus wir registrieren.

Da die Lage der Geraden in Bezug auf die beiden sagittalen Ebenen eindeutig bestimmt ist, sind wir auch in der Lage, sie in Bezug auf die Grundrißebene (Horizontalebene) und die Aufrißebene (Frontalebene) zu bestimmen, indem wir die sagittalen Registrierungen auf eine genau definierte Zeichenebene parallel projizieren. Als Zeichenebene wählen wir aus praktischen Gründen die in der Prothetik als Hilfsebene bekannte Ohr-Nasenebene. Sind die zugeordneten Normalrisse von den gleichen Punkten der Geraden bekannt, so können wir jetzt auch die entsprechenden zugeordneten Normalrisse der Geraden, also deren Grundriß und Aufriß in den Extremlagen zeichnen. Es wird damit die wirkliche Lage der Condylarachse im Raume bekannt. Wir wissen nur noch nicht, um welchen Betrag die Gerade sich in sich selbst verschoben hat, weil das eben aus der Richtung und Lage einer Geraden, die beliebig verlängert werden kann, nicht ersichtlich ist. Um diese Unbe-

kannte zu bestimmen, ist es daher nötig, einen frei wählbaren, aber immer gleichbleibenden Punkt der Geraden in jeder Lage zu bestimmen. Daraus kann dann die Bahn dieses und weiterer Punkte, also auch der auf ihr gelegenen Condylarpunkte, eindeutig nach ihrer wahren Größe und wahren Richtung ermittelt werden.

Das Meßgerät eigener Konstruktion

Auf Grund meiner vorerwähnten theoretischen Ueberlegungen habe ich einen speziellen Condylenbahnregistrator konstruiert, welcher aus zwei getrennten Teilen, dem Registrierrahmen und dem Gesichtsbogen besteht.

1. Der Registrierrahmen trägt die fixen Schreibflächen, welche so angeordnet sind, daß zwei davon in der Frontalebene und zwei weitere in Parallelebenen zur Sagittalebene in einem bestimmten Abstände voneinander montiert sind. Der Registrierrahmen wird fest mit der Kopfstütze verbunden. Die Registrierebenen stehen rechtwinklig zueinander und registriert wird die **sagittale** und die **transversale** Condylenbewegung bei Seitbiß, und zwar beide simultan!

2. Der Gesichtsbogen besteht aus der Kinnplatte und den vier Registrierstiften. Diese sind so angeordnet, daß zwei genau in der Verlängerung der Intercondylarachse registrieren, die beiden andern Schreibstifte sind so angeordnet, daß sie stets genau rechtwinklig zur Condylarachse stehen.

Im Laufe der Voruntersuchungen zeigte es sich dann, daß die erstgewählte Auslösung der Schreibstifte auf manuelle Art von Zug- und Erschütterungserscheinungen begleitet war, welche die genaue Ablesung erschwerten und zu unbrauchbaren Streuergebnissen führten. Diese technische Unzulänglichkeit konnte behoben werden durch Entwicklung elektromagnetisch verschiebbarer Schreibstifte. Dieses von mir entwickelte System erlaubt eine absolut erschütterungsfreie und simultane Bewegung aller Schreibspitzen. Außerdem schließt diese Versuchsanordnung eine Fälschung der Registrierung durch die stets variierende Federkraft mechanischer Registrierstifte aus.

In der Absicht einen konstanten Okklusionsdruck zu gewährleisten und außerdem ein Klaffen im Gelenk zu vermeiden (Zimmer, 21) wird die Kinnplatte durch zwei Nylon-Bänder am Kopf der Versuchsperson festgeschnallt. Siehe hiezu die Abbildung 5.

Die Anbringung der Meßapparatur

Die Apparatur ist so eingerichtet, daß deren Registrierrahmen an der Kopfstütze eines zahnärztlichen Operationsstuhles fixiert werden kann. Die Oberkante des Rahmens wird der Lage der Versuchsperson entsprechend auf die prothetische Hilfsebene ausnivelliert, wie dies aus Abbildung 6 ersichtlich ist.

Zum Festschnüren der Kinnplatte wird der Registrierrahmen zurückgeklappt, wie dies auf Abbildung 7 ersichtlich ist. Die Kinnplatte selbst ist so konstruiert, daß sie vorwiegend dort aufliegt, wo die Mandibula nicht von Muskelansätzen bedeckt ist. Es folgt dann die genaue Ausrichtung und Fixierung der Registrierstifte auf die Intercondylarachse, wie dies ebenfalls die Abbildung 7 zeigt.

Sicherheitshalber wird der Kopf der Versuchsperson noch mit einem Stirnband an der Kopfstütze fixiert, um eine willkürliche Drehung des Kopfes bei Seitbiß zu verhindern. Dieses Stirnband, wie übrigens auch die elektrischen Teile der Apparatur wurden der Uebersicht halber für die Photoaufnahmen weggelassen.

Die Technik der Messungen

Registriert wird in verschiedenen Okklusionsstellungen und zwar so, daß jedesmal von einem Positionswechsel zum andern die Stifte zurückgezogen und erst bei Ruhelage der Extremstellungen wieder vorge-schnellt werden. So erhält man je vier einander entsprechende Positionspunkte für die zentrale Okklusionslage, den Seitbiß rechts und den Seitbiß links. Durch richtige Kombination der einander entsprechenden Punkte kann dann die absolute Lageänderung der Condylen im Raume mit maximaler Genauigkeit bestimmt werden und zwar in ihrer wahren Größe und Richtung. Die Abbildung 8 zeigt das Meßgerät bereit zur Registrierung der Bewegungsbahnen bei natürlicher Bezahnung.

Die Rekonstruktion der wahren Condylenbahnen aus den Registrierergebnissen

Trotzdem die Registrierflächen normal zueinander stehen, handelt es sich bei den Registrierungen nicht um zugeordnete Normalrisse, sondern um Zentralprojektionen mit verschiedenen Zentren (siehe die Definition auf Seite 15). Wir müssen diese Zentralprojektion daher zuerst umwandeln in die einheitliche Normalprojektion. Die sagittalen Re-

gistrierungen R''' und L''' können wir ohne weiteres auf die Grundrißebene G als R' und L' parallel projizieren, so wie das in Abbildung 9 durch die feinen Hilfslinien schematisch dargestellt ist. Dasselbe gilt für deren Aufriß R'' und L'' . Durch Umlegung der beiden Registrierebenen S_r und S_l und der Aufrißebene A in die Grundrißebene G erhalten wir die Abbildung 10.

Es wäre somit die durch die Condylen gedachte verlängerte Gerade RL nach ihrer Lage und Richtung im Raume eindeutig bestimmt durch die beiden zugeordneten Normalrisse. Der Betrag, um welchen ein und derselbe Punkt der Geraden in ihrer Richtung verschoben wurde, ergibt sich aus der zugehörigen Registrierung auf der Transversalebene, welche wir als Aufrißebene gewählt haben. Wir wissen nämlich, daß jedem Bahnpunkt der sagittalen Registrierung auch ein bestimmter Bahnpunkt auf der Transversalebene entspricht. Weil wir aber den Registrierstift, welcher auf dieser Transversalebene aufzeichnete, rechtwinklig zur Condylarachse angeordnet haben, können wir umgekehrt den gemeinsamen Punkt auf dieser Achse, von welchem aus sowohl in sagittaler wie in frontaler Richtung registriert wurde, bestimmen. Zu diesem Zwecke legen wir durch den entsprechenden Bahnpunkt B'' der Transversalebene eine Hilfsebene E , die normal (rechtwinklig) zu dieser Condylarachse steht. Dort wo die Condylarachse diese Hilfsebene durchstößt liegt der gesuchte Schnittpunkt S der Registrierstifte im Raume. In Abbildung 11 sind diese Verhältnisse schematisch dargestellt.

Legen wir auch die transversale Registrierung B'' in die Grundrißebene um, so erhalten wir die Konstruktion von Abbildung 12, welche sämtliche Registrierungen sowohl in ihrer wahren Größe als auch nach deren Umwandlung in paralleler Normalprojektion im Aufriß, im Grundriß und im Seitenriß wiedergibt.

Es bedarf wohl keiner Erwähnung, daß die Registrierung B'' auf der Transversalebene mit ihrem Aufriß zusammenfällt, da wir diese Transversalebene der Einfachheit halber als Aufrißebene gewählt haben.

Wir haben im Rahmen unserer grundsätzlichen Betrachtungen festgestellt, daß durch zwei zugeordnete Normalrisse ganz allgemein die Lage eines Punktes oder einer Geraden eindeutig bestimmt ist. Folglich können wir zwecks besserer Uebersicht die sagittalen Registrierungen im Seitenriß weglassen wie dies in Abbildung 13 geschehen ist.

Um nun die zur Strecke RL normale Ebene durch B zu finden, denken wir uns durch diese Strecke eine erstprojizierende Ebene gelegt (siehe die zwei Abbildungen 3 und 4 mit zugehörigem Text Seite 17.) Die wahre

Größe der Strecke RL können wir dann durch Umlegen dieser erstprojizierenden Ebene in die Grundrißebene finden. (Siehe Abbildung 14.)

Da die Gerade jetzt in ihrer wahren Größe in der Grundrißebene liegt, wissen wir, daß jede zu ihr normal gedachte Ebene in derselben Umlegung als Gerade erscheinen muß, daher auch die durch B gedachte Hilfsebene E. Um diese zu finden denken wir uns durch den Punkt B eine zur Grundrißebene parallele Hilfsgerade, eine sogenannte erste Hauptgerade h_1 ; welche normal steht auf der durch RL gedachten erstprojizierenden Ebene. Der Grundriß dieser Hauptgeraden steht demnach auch rechtwinklig zum Grundriß der Strecke R'L' (vergleiche hiezu die Abbildung 14).

Diese erste Hauptgerade wird nun ebenfalls mit der erstprojizierenden Ebene umgelegt und erscheint dann in der Umlegung als Punkt B^1 . Von diesem Punkt der sich also deckt mit der umgelegten Parallelprojektion von Punkt B auf die durch RL gedachten erstprojizierenden Ebene, kann nun die Normale auf die umgelegte Verbindungsgerade RL gezogen werden, welche der Umlegung der gesuchten Normalebene zur Geraden entspricht. Der Schnittpunkt derselben mit der umgelegten Geraden ergibt den gesuchten gewanderten Punkt S der Geraden im Raume, dessen Projektionen durch Wiederaufrichten der erstprojizierenden Ebene rekonstruiert werden können.

In der Umlegung können auf der umgelegten Verbindungsstrecke RL jetzt auch die Condylenpunkte $C_r C_l$ gezeichnet werden, da sie sich in jeder Lage dieser Geraden in einem bestimmten unveränderlichen Abstände von diesem Punkte S auf der Geraden befinden.

Wird diese Grundkonstruktion die auf Abbildung 14 für den Seitbiß rechts gezeigt wurde, für alle drei registrierten Lagen des Unterkiefers, nämlich die zentrale Okklusion, den Seitbiß rechts und den Seitbiß links systematisch durchgeführt, so ergeben die Verbindungsgeraden der entsprechenden gewanderten wahren Condylenpunkte die wahre Condylenbahn im Raume.

Erklärungen zu den Zeichnungen

Es werden bezeichnet

Punkte: mit grossen lateinischen Buchstaben

Linien: mit kleinen lateinischen Buchstaben

Als Projektionszeichen werden kurze Striche verwendet, die in der Normalprojektion rechts oben neben die Buchstaben gesetzt werden, so zum Beispiel:

P' zu lesen: P Strich oder P Grundriss

P'' zu lesen: P zwei Strich oder P Aufriss

P''' zu lesen: P drei Strich oder P Seitenriss

Das Drehen einer Ebene um ihre Spur (der Schnittgeraden dieser Ebene mit der Rißebe) in die Rißebe wird **Umklappen** genannt, wenn der Drehwinkel kein rechter ist, das Zeichen für die Umklappung: $^{\circ}$.

Erfolgt die Drehung einer erst- beziehungsweise zweitprojizierenden Ebene um die entsprechende Spur, so haben wir einen Drehwinkel von 90° , diese spezielle Umklappung heisst dann **Umlegen**, das Zeichen: $+$.

Beispiele; P° zu lesen: P Umklappung oder P Kreis
 P^{+} zu lesen: P Umlegung oder P Kreuz

Gegebene Linien werden **mittelstark** mit vollem Strich,

Gesuchte Linien werden **stark** mit vollem Strich und

Hilfslinien werden **fein** mit vollem Strich gezeichnet.

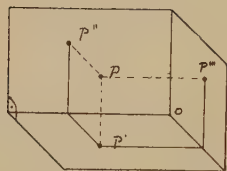


Abb. 1

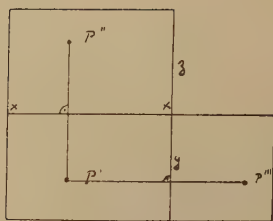


Abb. 2

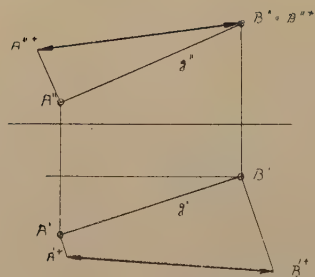


Abb. 3

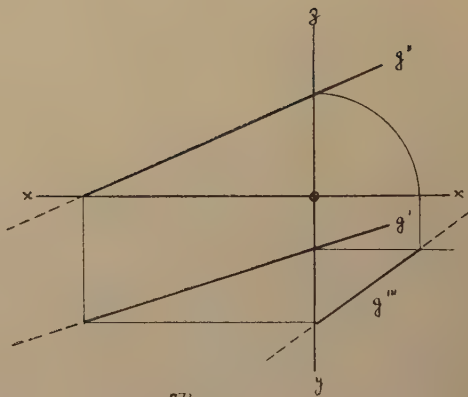


Abb. 4



Abb. 5



Abb. 6



Abb. 7



Abb. 8

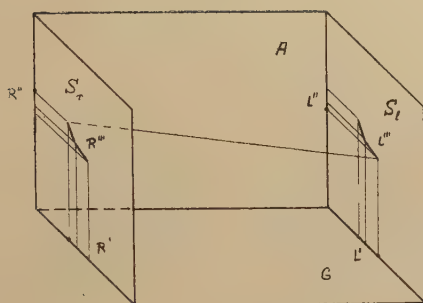


Abb 9

R. Weber

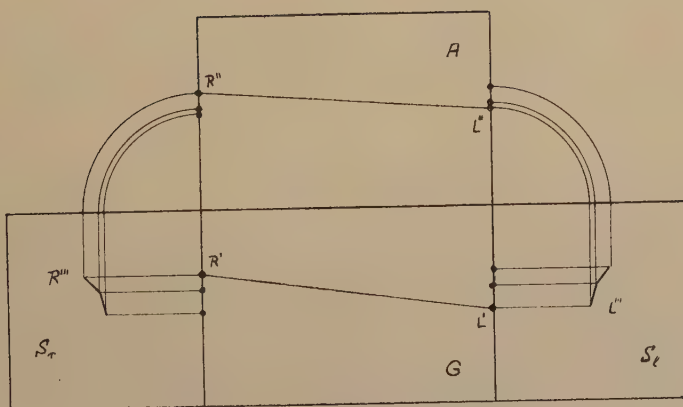


Abb 10

R. Weber

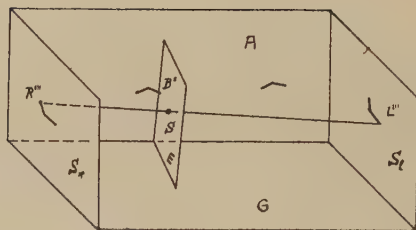


Abb 11 R. Weber

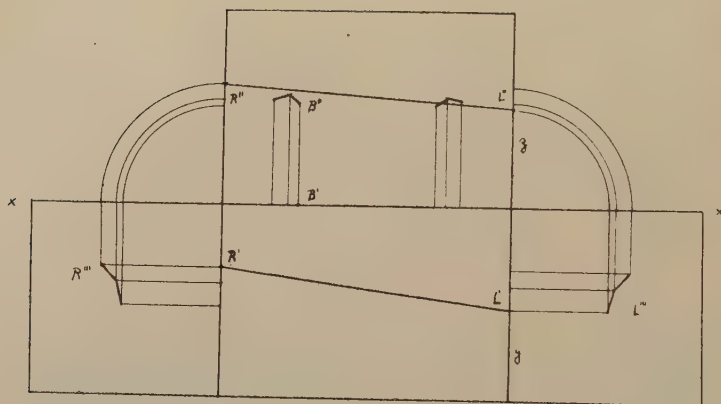


Abb 12 R. Weber

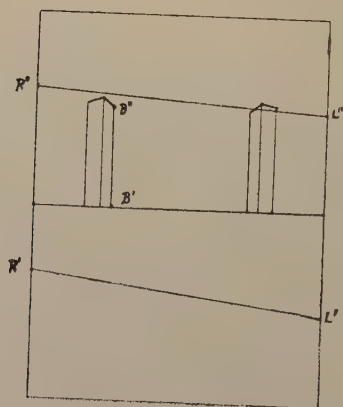


Abb 13 R. Weber

Die Ergebnisse von zehn Versuchspersonen

Nach Abschluß der Vorversuche wurden ohne besondere Auswahl des Materials die nachfolgend zur Darstellung gebrachten zehn Fälle untersucht. Es handelt sich dabei um Messungen am Kiefer mit natürlicher Bezahnung.

Da der Umfang des Materials zur statistischen Verarbeitung kaum genügen dürfte, beschränke ich mich auf die Einzeldarstellung der zehn Fälle. Die Reihenfolge der Darstellung ist frei gewählt.

Um die an sich schon sehr instruktiven Einzelresultate auch für den darstellend geometrisch nicht geschulten Leser in leicht verständlicher Form darzustellen, habe ich die auf Millimeterpapier ausgeführten Aufzeichnungen außerdem in die klassische und auch von Prof. Gysi seinerzeit gewählte Annäherungsform des gleichseitigen Dreiecks übertragen. Dabei entsprechen nach Bonwill die oberen Dreieckspunkte den beiden Condylen und der untere Dreieckspunkt dem zwischen den zentralen Incisiven gedachten Symphysenpunkt.

Die Numerierung der Versuche entspricht nicht ihrer chronologischen Reihenfolge. Für die Publikation wurde die Reihenfolge so ausgewählt, daß ähnliche Versuchsergebnisse möglichst aufeinander folgen.

Versuch Nr. 1

Versuchsperson: Fräulein R. F., 34jährig

Zahnschema: 876-4321 / 1234-678

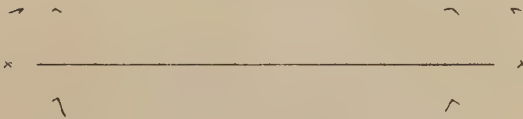
7654321 / 1234--7-

Abrasionsgrad: gering, nur an den Frontzähnen deutlich.

Okklusionsform: Disto-Okklusion, Ueberbiss der Frontzähne, nicht
aequilibrirt

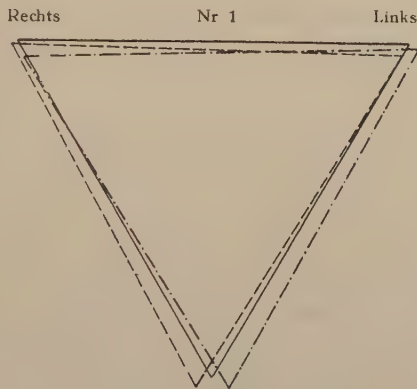
Aufzeichnungen zu Versuch Nr. 1

Aufriß und Seitenriß



Grundriß Nr. 1

Geometrische Darstellung der sagittalen Condylenbahnen



Darstellung der Unterkieferbewegungen mit dem Bonwill'schen Dreieck

Ergebnis der Messungen:

Entsprechend den obenstehenden Aufzeichnungen beschreibt der Unterkiefer bei den seitlichen Bewegungen eine ähnliche Bahn, wie sie Prof. Gysi seinen Artikulatoren zugrunde gelegt hat.

Der sogenannte „ruhende“ Condylus bewegt sich seitlich und nur sehr wenig nach vorn, wogegen der sogenannte „schwingende“ Condylus in Kombination mit der Einwärtsbewegung eine recht große Mesialbewegung ausführt.

Versuch Nr. 2

Versuchsperson: Herr Fr. Gr., 24jährig

87654321 / 12345678

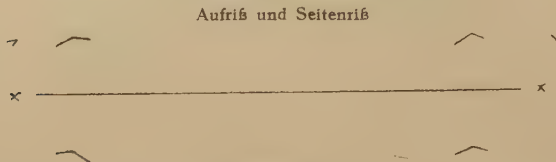
Zahnschema:

87654321 / 12345-78

Abrasionsgrad: gering, nur an den Frontzähnen deutlich.

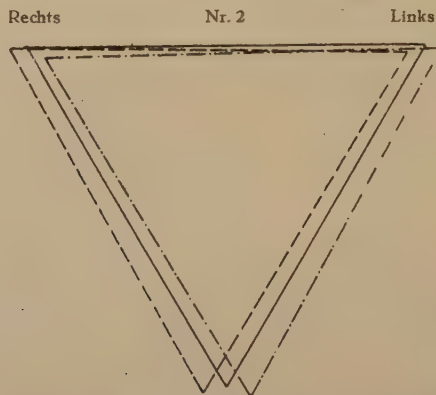
Okklusionsform: Neutro-Okklusion. Geringer aber nicht aequibrierter Ueberbiß der Frontzähne

Aufzeichnungen zu Versuch Nr. 2



Grundriß Nr. 2

Geometrische Darstellung der sagittalen Condylenbahnen



Darstellung der Unterkieferbewegungen mit dem Bonwill'schen Dreieck

Ergebnis der Messungen:

Entsprechend den obenstehend abgebildeten Aufzeichnungen dominiert bei den seitlichen Bewegungen des Unterkiefers die beidseitig transversale (!) Translation des ganzen Unterkiefers, inbegriffen der Condylen. Diese Bewegungsform steht in einem sehr krassen Gegensatz zu den üblichen Theorien der klassischen Artikulationslehren, ihre Reproduktion ist mit keinem der gebräuchlichen Artikulatoren auch nur annähernd möglich. Selbst der Gysi-Trubyte-Artikulator könnte die gemessenen Werte nicht reproduzieren.

Versuch Nr. 3

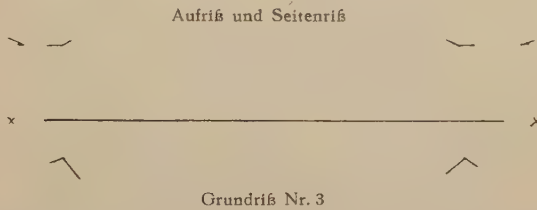
Versuchsperson: Fräulein L. W., 27jährig

Zahnschema: $\overline{-7-5-321 / 1234567-}$
87-54321 / 12345-78

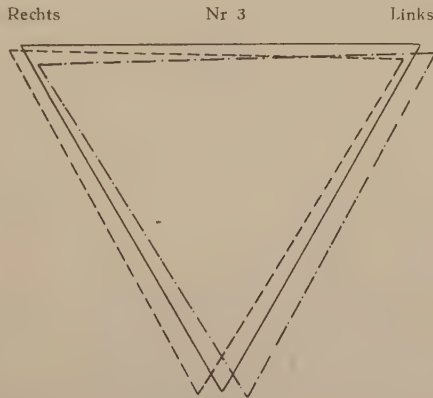
Abrasionsgrad: unbedeutend

Okklusionsform: gemischt Klasse I. und II. leichter Deckbiß

Aufzeichnungen zu Versuch Nr. 3



Geometrische Darstellung der sagittalen Condylenbahnen



Darstellung der Unterkieferbewegungen mit dem Bonwill'schen Dreieck

Ergebnis der Messungen:

Entsprechend den obenstehend abgebildeten Aufzeichnungen sind die seitlichen Exkursionen des Unterkiefers auffallend groß. Die seitlichen Verschiebungen des Symphysenpunktes (untere Spitze des Bonwill'schen Dreieckes) sind ebenfalls auffallend groß und weisen eine nur sehr geringe sagittale Komponente auf. Dieser letztere Befund entspricht den von Gerber erwähnten Eigenheiten des Artikulationstypus bei Deckbiß.

Versuch Nr. 4

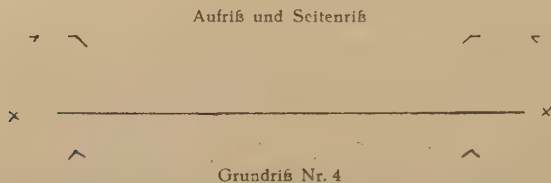
Versuchsperson: Fräulein M. Gr., 35jährig

Zahnschema: -7654321 / 1234567-
-7654321 / 1234567-

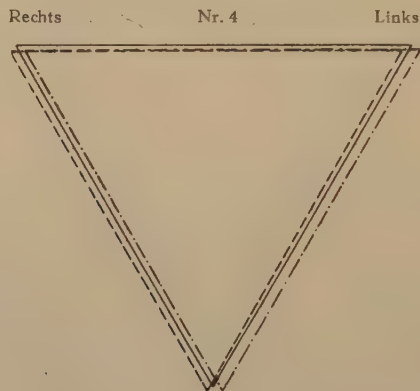
Abrasionsgrad: Höckerspitzen und Schneidekanten leicht abradirt

Okklusionsform: Neutro-Okklusion, Vor- und Seitbiß aequilibriert

Aufzeichnungen zu Versuch Nr. 4



Geometrische Darstellung der sagittalen Condylenbahnen



Darstellung der Unterkieferbewegungen mit dem Bonwill'schen Dreieck

Ergebnis der Messungen:

Entsprechend den obenstehend abgebildeten Aufzeichnungen wird der Unterkiefer bei den seitlichen Bewegungen nahezu parallel nach seitwärts und vorne verschoben. Beobachten wir die Bewegungen des Symphysenpunktes (untere Dreieckspitze) so sehen wir, daß diese mit den Bewegungen der Condylenpunkte sehr große Aehnlichkeit aufweisen.

Versuch Nr. 5

Versuchsperson: Herr H. W., 25jährig

87654321 / 12345678

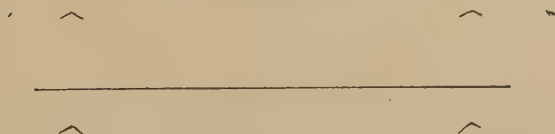
Zahnschema: 87654321 / 12345678

Abrasionsgrad: Deutliche Abrasion an den Schneidekanten der Frontzähne und an den Höckern der 1. Praemolaren und 1. Molaren

Okklusionsform: Neutro-Okklusion, Ueberbiß der Frontzähne, nicht ae-
quilibrirt

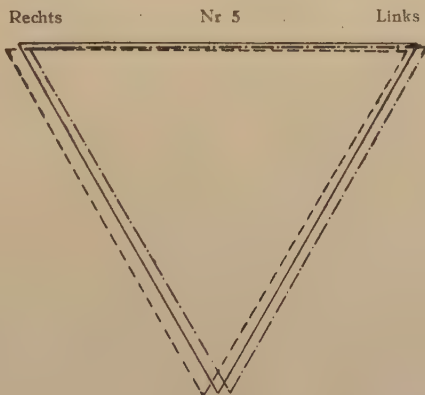
Aufzeichnungen zu Versuch Nr. 5

Aufriß und Seitenriß



Grundriß Nr. 5

Geometrische Darstellung der sagittalen Condylenbahnen



Darstellung der Unterkieferbewegungen mit dem Bonwill'schen Dreieck

Ergebnis der Messungen:

Entsprechend den obenstehend abgebildeten Aufzeichnungen sind die Ergebnisse ähnlich wie beim Versuch Nr. 4. Auch hier stellen wir fest, daß sich der Unterkiefer bei seitlichen Bewegungen nahezu parallel nach seitlich und vorne verlagert.

Versuch Nr. 6

Versuchsperson: Roland V., 15jährig

7654321 / 1234567

Zahnschema: 7654321 / 1234567

Abrasionsgrad: Bukkale Höcker der 1. unteren Molaren und Schneidekanten der Frontzähne relativ stark abradert

Okklusionsform: Klasse I, geringer aber nicht aequilibrierter Ueberbiß der Frontzähne. Molaren der linken Seite in Kreuzbiß-Stellung

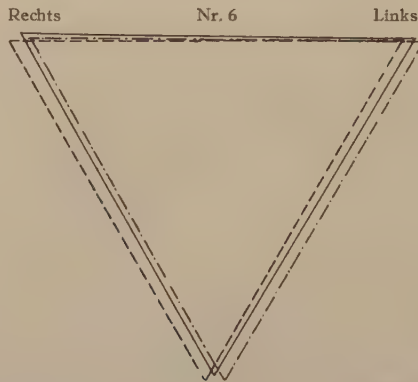
Aufzeichnungen zu Versuch Nr. 6

Aufriß und Seitenriß



Grundriß Nr. 6

Geometrische Darstellung der sagittalen Condylenbahnen



Darstellung der Unterkieferbewegungen mit dem Bonwill'schen Dreieck

Ergebnis der Messungen:

Entsprechend den obenstehend abgebildeten Aufzeichnungen zeigt die seitliche Bewegung nach links eine sehr große laterale Verschiebung, sonst aber nichts außergewöhnliches.

Dagegen zeigt die seitliche Verschiebung nach rechts einen uns bis jetzt gänzlich unbekannte Bewegungsablauf: Der sogenannte „schwingende“ Condylus zeigt **keine** Sagittalbewegung, dagegen zeigt seltsamerweise der sogenannte „ruhende“ Condylus eine sehr markante Sagittalverschiebung kombiniert mit einer deutlichen Laberalverschiebung nach rechts. Eventuell steht dieser sonderbare Befund im Zusammenhang mit dem einseitigen Kreuzbiß der Molaren.

Versuch Nr. 7

Versuchsperson: Herr W. Mc. Cl., 25jährig

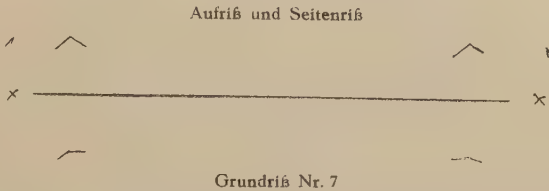
87654321 / 12345678

Zahnschema: 87654321 / 12345678

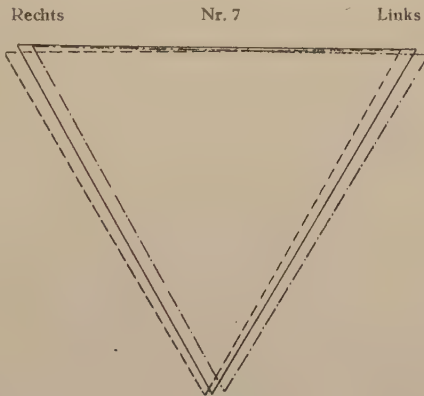
Abrasionsgrad: leichte Abrasionsspuren an den Schneidekanten

Okklusionsform: Klasse I, nicht aequilibrierter Ueberbiß der Frontzähne

Aufzeichnungen zu Versuch Nr. 7



Geometrische Darstellung der sagittalen Condylenbahnen



Darstellung der Unterkieferbewegungen mit dem Bonwill'schen Dreieck

Ergebnis der Messungen:

Aus den obenstehend abgebildeten Aufzeichnungen ergibt sich der sonderbare Befund, daß bei den seitlichen Bewegungen des Unterkiefers die beiden Condylenpunkte bedeutend größere seitliche Exkursionen ausüben als der Symphysenpunkt. Ähnlich wie im Versuch 6 fehlt auch hier die Sagittalbewegung des sogenannten „schwingenden“ Condylus. Dieser eigenartige Befund dürfte eventuell mit dem Ueberbiß der Schneidezähne und mit der tiefen Okklusion der Eckzähne (Sperrung der Lateralbewegung) im Zusammenhang stehen.

Versuch Nr. 8

Versuchsperson: Herr R. Ch., 53jährig

76-4321 / 1234-6-

Zahnschema: --54321 / 1234-67

Abrasionsgrad: geringe Abrasion an den Schneidekanten

Okklusionsform: rechts Klasse I, links halbe Klasse I. Nicht aequilibrirter Ueberbiß der Frontzähne

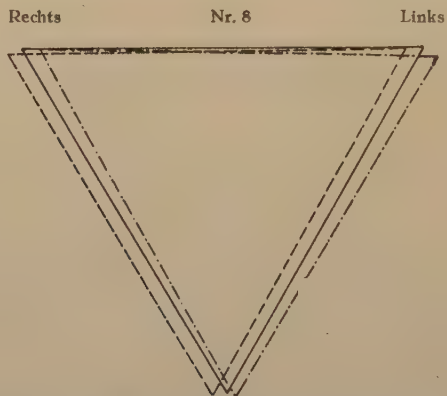
Aufzeichnungen zu Versuch Nr. 8

Aufriß und Seitenriß



Grundriß Nr. 8

Geometrische Darstellung der sagittalen Condylenbahnen



Darstellung der Unterkieferbewegungen mit dem Bonwill'schen Dreieck

Ergebnis der Messungen:

Entsprechend den obenstehend abgebildeten Aufzeichnungen zeigt dieser Versuch wieder ähnliche Resultate wie sie schon im Versuch Nr. 7 festgestellt wurden.

Versuch Nr. 9

Versuchsperson: Herr J. S., 26jährig

7654321 / 1234567

Zahnschema: 7654321 / 1234567

Abrasionsgrad: geringe Abrasion an den Schneidekanten.

Okklusionsform: Klasse I, geringe Kompression von Ober- und Unterkiefer. Nicht aequilibrierter Ueberbiß der Frontzähne

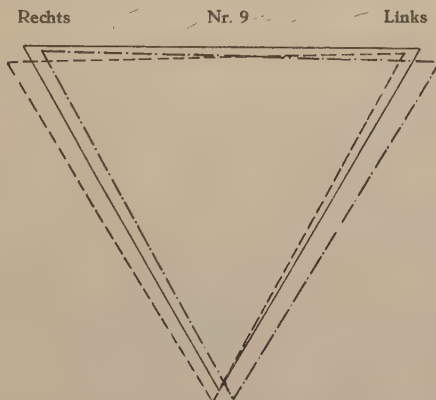
Aufzeichnungen zu Versuch Nr. 9

Aufriß und Seitenriß



Grundriß Nr. 9

Geometrische Darstellung der sagittalen Condylenbahnen



Darstellung der Unterkieferbewegungen mit dem Bonwill'schen Dreieck

Ergebnis der Messungen:

Entsprechend den obenstehend abgebildeten Aufzeichnungen finden wir auch hier wieder die seltsame Erscheinung, daß der sogenannte „ruhende“ Condylus die größeren Sagittalbewegungen ausführt als der sogenannte „schwingende“. Auch hier sind die seitlichen Exkursionen der Condylen größer als diejenigen des Symphysenpunktes.

Versuch Nr. 10

Versuchsperson: Herr U. B., 36jährig

8765-321 / 123-5678

Zahnschema: 87654321 / 12345678

Abrasionsgrad: Abrasionen vorwiegend im Molarengebiet

Okklusionsform: Klasse I

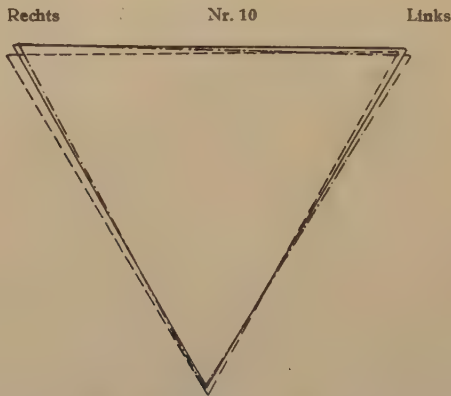
Aufzeichnungen zu Versuch Nr. 10

Aufriß und Seitenriß



Grundriß Nr. 10

Geometrische Darstellung der sagittalen Condylenbahnen



Darstellung der Unterkieferbewegungen mit dem Bonwill'schen Dreieck

Ergebnis der Messungen:

Aus den obenstehend abgebildeten Aufzeichnungen geht hervor, daß bei den seitlichen Bewegungen des Unterkiefers die Exkursionen im Molarenbereich größer sind als im Bereich der Frontzähne. Der Symphysenpunkt bildet für die seitlichen Bewegungen ein nahezu punktförmiges Rotationszentrum.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Feststellung der Größe und Richtung der seitlichen Bewegungen des Unterkiefers. Die sagittale Condylenbahn wird im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter behandelt, da deren Aufzeichnung mit einfachen Methoden (Gesichtsbogen) im direkten Verfahren ohne Verzerrung möglich ist und daher kein Problem darstellt.

Mit der Aufzeichnung der seitlichen Bewegungen sind besondere Probleme verbunden, da bei deren Registrierung mit den üblichen Methoden bedeutende Projektionsfehler auftreten. Diese Projektionsfehler können aber nur mit Hilfe der darstellenden Geometrie korrigiert werden. Um aber mit der Methode der darstellenden Geometrie arbeiten zu können ist es unerlässlich, die Momentanpunkte für die verschiedenen Verschiebungslagen des Unterkiefers zu ermitteln.

Das zur Registrierung von Momentanpunkten notwendige Meßgerät ist nach eigenen Ideen konstruiert und zeichnet sich unter anderem dadurch aus, daß die Schreibspitzen des Gerätes auf elektromagnetischem Wege der Registrierfläche aufgesetzt oder von dieser abgeschoben werden können, wodurch eine genaue Registrierung ohne Erschütterung und Zug an der Apparatur überhaupt möglich wurde.

Die Auswertung der Registrierergebnisse ist nur auf dem Umwege über die darstellende Geometrie möglich, deren elementare und für die Korrektur der Projektionsfehler wichtigen Begriffe im Rahmen der Publikation mitgeteilt werden.

Nach einer Reihe von Vorversuchen, die immer wieder zur Verbesserung der Meßtechnik beitrugen, wurden an einer Reihe von 10 Personen die Größe und Richtung der Condylenverschiebung bei seitlichen Unterkieferbewegungen bestimmt. Die allgemein verständliche Aufzeichnung der Meßergebnisse für die seitlichen Unterkieferbewegungen unter Verwendung des Bonawill'schen Dreiecks hat nun zu ganz unerwarteten Ergebnissen geführt. Vor allem ist die Varietät der Bewegungsformen enorm groß und es zeigt sich, daß unsere heutigen Arti-

kulatortypen, verglichen mit dieser Varietät, viel zu unforme und allzu starr geführte Bewegungsbahnen reproduzieren. Wenn auch die Zahl der gemessenen Versuchspersonen sehr klein ist, so kann doch gesagt werden, daß unsere aus den klassischen Artikulationstheorien übernommenen Vorstellungen revisionsbedürftig sind.

Das Ergebnis dieser, ohne besonderer Auswahl an zehn Versuchspersonen mit natürlicher Bezahnung durchgeführten Messungen kann wie folgt zusammengefaßt werden:

a) Drei Fälle zeigten für die seitlichen Kieferbewegungen innerhalb funktioneller Grenzen einen ähnlichen Bewegungsablauf, wie wir ihn aus der Gysi'schen Artikulationstheorie kennen. Doch sind in allen diesen Fällen die transversalen Verschiebungen des sogenannten „ruhenden“ Kieferköpfchens (Condylen derjenigen Seite nach welcher der Unterkiefer bewegt wird) ganz bedeutend größer als allgemein erwartet wird. In zwei von diesen erwähnten drei Fällen ist der transversale Anteil der Bewegung des sogenannten „schwingenden“ Condylus sogar ganz bedeutend größer als der sagittale. Das heißt mit anderen Worten, daß die transversale Bewegung in diesen erwähnten zwei Fällen dominiert und daß dementsprechend der sagittalen Bewegung des sogenannten „schwingenden“ Condylus viel weniger Bedeutung zukommt als allgemein angenommen wird.

b) Die seitlichen Unterkieferbewegungen der Versuchsperson Nr. 4 fallen auf durch ihre Gleichförmigkeit. Diese Gleichförmigkeit basiert auf dem Befund, daß bei der Unterkieferbewegung nach rechts beide Condylen um ungefähr identische Werte nach lateral und nach vorne verlagert werden. Dasselbe gilt sinngemäß für die Bewegungen nach links.

c) Vier weitere Fälle zeichnen sich dadurch aus, daß bei den seitlichen Unterkieferbewegungen die sagittale Condylenbahn nur sehr wenig bestrichen wird, und daß dabei der sogenannte „ruhende“ Condylus sogar um größere Werte nach frontal verlagert wird als sein Partner, der vor Jahrzehnten als „schwingend“ bezeichnet wurde.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen mit aller Deutlichkeit, daß unsere vorwiegend prothetisch influenzierten Vorstellungen und Bilder über den Bewegungsablauf im Komplex Kiefergelenke-Zahnreihe viel zu starr sind. Die Untersuchungsergebnisse zeigen ebenfalls mit aller Deutlichkeit, daß die heute immer wieder geübte Registrierung der sagittalen Condylenbahn und deren Uebertragung auf den Artikulator nur von sekundärer Bedeutung sein kann.

Literaturverzeichnis

1. **Ackermann, F.**, La statique fondamentale occluso-articulaire dentaire et ses applications. SMFZ 1943.
2. **Ackermann, F.**, Bio-physiologie kontra Geometrie im Artikulationsproblem. SMfZ 1946.
3. **Barandum, A.**, Ueber die Abrasionsformen des vollbezahnten Gebisses. Inaugural-Dissertation, Zürich 1945.
4. **Bekk, A.**, Die prothetisch nutzbare Gelenkbahn. Inaugural-Dissertation, Basel 1946.
5. **Bennet Normang**, Ein Beitrag zum Studium der Bewegung des Unterkiefers. Zeitschrift für zahnärztliche Orthopädie, 1913.
6. **Biaggi, D.**, Die Okklusionsebene im Lückengebiß und ihre Korrektur. Innaugural-Dissertation, Zürich 1938.
7. **Bluntschli, H.**, Schädel und Gebiß in ihren funktionellen Beziehungen. Schweiz. Medizinisches Jahrbuch 1936, Basel.
8. **Doxtater, L. W.**, Kronen und Brückenarbeiten, Deutsche Ausgabe, Wien 1933.
9. **Flatow, F.**, Ist zur Erlangung einer Individuellen Condylenbahnbewegung im Kaubahnträger eine Vierpunktführung unerläßlich? Zahnärztliche Rundschau, 1929.
10. **Fischer, R.**, Beziehungen zwischen den Kieferbewegungen und der Kauflächenform der Zähne. Inaugural-Dissertation, Zürich 1926.
11. **Flückiger, H.**, Darstellende Geometrie, Zürich 1943.
12. **Gerber, A.**, Zahnlockerung durch Artikulationsstörungen. Ratgeber für die praktische Zahnheilkunde Nr. 14 und 15-16, 1946.
13. **Gerber, A.**, Die artikuläre Aufgabe der partiellen Prothese. Ein Beitrag zur normalen und pathologischen Artikulation der Zähne. DZZ 1949.
14. **Gysi, A.**, Beitrag zum Artikulationsproblem. Berlin, 1908.

15. **Gysi, A.**, Die Entwicklung der Kauflächen der künstlichen Mahlzähne und die physikalischen Gesetze, die deren Funktion beherrschen. SMfZ 1937.
16. **Köhler, L.**, Zur Frage der Gelenkbahnmessung. Zahnärztliche Rundschau, 1929.
17. **Müller, Jakob**, die horizontale Asymmetrie des Kiefergelenkes. Inaugural-Dissertation, Basel 1934.
18. **Müller, Max**, Grundlagen und Aufbau des Artikulationsproblems im natürlichen und künstlichen Gebisse. Leipzig, 1925.
19. **Scheff, J.**, Handbuch der Zahnheilkunde, Band IV.
20. **Wild, W.**, Ueber den Kauvorgang und die Kaubahnen in bezug auf die prothetische Behandlung. SMfZ 1944.
21. **Wild, W.**, Ueber die Artikulationsbahnen im Abrasionsgebiß. SMfZ 1946.
22. **Wild, W.**, Unterkieferbewegungen und Kaubewegungen. SMfZ 1946
23. **Zimmer, E. A.**, Die Röntgenologie des Kiefergelenkes. SMfZ 1941.

